



①⑨ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 101 64 044 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**A 61 C 19/04**  
G 01 N 19/08  
G 01 B 5/28

②① Aktenzeichen: 101 64 044.7  
②② Anmeldetag: 24. 12. 2001  
④③ Offenlegungstag: 3. 7. 2003

**DE 101 64 044 A 1**

⑦① **Anmelder:**

Willers, Christian, Dr.med.dent., 48341 Altenberge,  
DE; Huth-Fehre, Thomas, Dr.rer.nat., 48341  
Altenberge, DE

⑦② **Erfinder:**

gleich Anmelder

⑤⑥ **Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:**

DE 30 21 302 C2  
DE 43 04 170 A1  
DE 299 05 255 U1  
US 36 53 373

JP Patent Abstracts of Japan:  
10290810 A;  
08071091 A;

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ **Verfahren und Vorrichtung zur Kontrolle von Oberflächenrauigkeiten in der zahnärztlichen Behandlung von Hartgeweben**

⑤⑦ In der Zahnmedizin ist es in verschiedenen Anwendungsfeldern wie der Parodontitis-Diagnostik, dem Prüfen von Hartgewebe (Dentin) auf das Vorhandensein von kariös erweichten Regionen, dem Prüfen von aufgetragenen zahnmedizinischen Füllungs- oder Unterfüllungswerkstoffen auf ihre Oberflächenbeschaffenheit, dem Prüfen von Schmelzoberflächen natürlicher Zähne und Keramikoberflächen prothetischer Restaurationen nach Säureätzung, dem Prüfen von prothetischen Restaurationen im Grenzbereich zum natürlichen Zahn, um die Güte des Randschlusses zu ermitteln, und dem Prüfen von zahntechnischen Keramikoberflächen, um die Güte des Glanzbrandes beurteilen zu können, notwendig, die Rauigkeit der betreffenden Oberfläche beurteilen zu können. In all diesen Anwendungen gibt es die vorliegende Erfindung zur akustischen Messung der Oberflächenrauigkeit, bei der der bei Berührung der zu prüfenden Oberfläche mit harten Gegenständen entstehende Schall ausgewertet wird, dem Behandler ein Instrument in die Hand, mit dem er eine reproduzierbare Aussage treffen kann, ob eine weitergehende Therapie notwendig ist oder nicht.

**DE 101 64 044 A 1**

## Beschreibung

## Beschreibung des Verfahrens und der Vorrichtung

## Problemstellungen

## A.

[0001] Oberflächendiagnostik im Bereich der Parodontologie:

Entzündliche Veränderungen der Histologie und Morphologie des Zahnhalteapparates (Parodontitis) stellen eine immer häufiger auftretende Zivilisationskrankheit (1) dar. Hierbei siedeln sich bakteriell infizierte Beläge auf der Oberfläche der Zahnwurzeln unterhalb des Zahnfleischrandes an, die zu chronischen Entzündungsreaktionen und infolge von leukozytären lysosomalen Enzymen zum Abbau des das Zahnfach begrenzenden Knochens führen. Dieser Vorgang ist insofern mit einem Rückgang des dem Knochen aufliegenden Zahnfleisches verbunden (2). Die restlose und möglichst schonende Entfernung von verhärteten Belägen (Zahnstein/Konkremente) ist zwingende Voraussetzung für eine erfolgreiche Therapie und somit der wichtigste therapeutische Eckpfeiler im Spektrum der parodontalchirurgischen Behandlungsmaßnahmen (3). Zur Entfernung dieser zwischen Zahnfleisch und Zahnwurzel liegenden Beläge wird vornehmlich spezielles schneidendes und schabendes Instrumentarium (3, 4), aber auch Schalt- und Ultraschallsonden (5), sowie gepulste Laser (6) eingesetzt.

[0002] Allen diesen Reinigungsverfahren ist gemeinsam, daß eine Kontrolle der Abtragung schwierig ist da die behandelten Flächen einer Sichtkontrolle nicht zugänglich sind. Da aber sowohl eine möglichst restlose Entfernung der Beläge, als auch die Unversehrtheit der Wurzeloberfläche für einen Behandlungserfolg unverzichtbar sind, ist eine – bis heute nicht existierende – Kontrollmöglichkeit für die Rauigkeit der Wurzeloberfläche gesucht. Ebenso fehlen einfache und zuverlässige Diagnostika für eine Initialdiagnose im Verlauf von Routineuntersuchungen und Verlaufskontrollen nach abgeschlossener Therapie.

## B.

[0003] Hartgewebs-Schnelltestung/Kariesdiagnostik im Bereich der konservierenden Zahnheilkunde:

Karies ist die am weitesten verbreitete Zivilisationskrankheit. Hierbei kommt es infolge einer Vergärung von vorhandenem Zucker durch spezifische Keime auf der Zahnoberfläche zu einer Säurebildung mit Demineralisation der infizierten Zahnhartsubstanz (9). Kariös infiziertes Zahnhartgewebe verändert sehr deutlich seinen Härtegrad und die Oberflächenrauigkeit in den befallenen Regionen.

[0004] Therapeutisch wird das kariös erweichte Dentin mechanisch mit rotierenden Fräsern abgetragen oder in jüngster Zeit mittels Applikation von Laserenergie denaturiert.

[0005] Sowohl für eine Initialdiagnose im Verlauf von Routineuntersuchungen als auch für Verlaufskontrollen nach abgeschlossener Therapie ist eine einfache und zugleich zuverlässige Oberflächenkontrolle gesucht.

## C.

[0006] Oberflächenanrauhung zur Vorbereitung von Klebungen:

Zum Applizieren von Restaurationen und zum Anbringen dauerhafter Zahnregulierungen mit licht- und selbsthärten den Kunststoffen wird die Schmelzoberfläche oder die Ke-

ramikoberfläche schon vorhandener prothetischer Restaurationen durch Anätzung (Säure-Ätz-Technik) aufgeraut. Um eine optimale Haltbarkeit der Klebung bei gleichzeitig minimaler Beschädigung des Hartgewebes zu erreichen, ist eine einfache Kontrollmöglichkeit für die erzielte Oberflächenaufrauhung nötig.

## D.

10 [0007] Prüfen von aufgetragenen zahnmedizinischen Füllungs- oder Unterfüllungswerkstoffen auf ihre Oberflächenbeschaffenheit.

## E.

15 [0008] Prüfen von prothetischen Restaurationen im Grenzbereich zum natürlichen Zahn um die Güte des Randschlusses zu ermitteln.

## F.

20 [0009] Prüfen von zahntechnischen Keramikoberflächen um die Güte des Glanzbrandes beurteilen zu können.

## Stand der Technik

## A.

30 [0010] Oberflächendiagnostik im Bereich der Parodontologie:

Bis vor wenigen Jahren war die Sichtkontrolle das Mittel der Wahl, indem das Zahnfleisch aufgeschnitten und von der zu reinigenden Oberfläche abgeklappt wurde (Offene Kürettage/Modifizierte Widman Lappen-OP). Dieses Verfahren ist verbunden mit der primären Zerstörung vorhandener Gewebsstrukturen und stellt für den Patienten eine erhebliche Belastung dar.

35 [0011] Bei der mittlerweile vorwiegend benutzten mechanischen Kürettage im schmalen Spalt zwischen Zahnfleisch und Wurzeloberfläche, der sogenannten parodontalen Zahnfleischtasche, ist der Behandler auf die Güte seines taktilen Gefühls angewiesen, um u. a. die verbliebene Rauigkeit der Oberfläche zu ertasten. Dies funktioniert im Prinzip, da die Beläge deutlich rauher sind als eine unversehrte, nicht erkrankte Wurzeloberfläche, setzt aber viel Erfahrung des Behandlers voraus. Um diese Erfahrungen machen zu können, wäre es für den Behandler neben einer effizienten Erfolgskontrolle u. a. hilfreich, die eingesetzten Kräfte messen zu können (7). Dazu werden bereits in den Schaber integrierte Kraftmessgeräte (8) eingesetzt. Diese "Kraftprotokolle" bedürfen allerdings einer komplizierten nachgeschalteten Computerauswertung, was dem Behandler während einer laufenden Behandlung wenig nützt.

## B.

55 [0012] Hartgewebs-Schnelltestung/Kariesdiagnostik im Bereich der konservierenden Zahnheilkunde:

Eine Erfolgskontrolle findet routinemäßig mittels einer mechanischen Sonde statt, die auf gesunder Zahnschubstanz harten Widerstand ertastet.

60 [0013] Verbliebenes kariös erweichtes Dentin läßt sich somit durch Ertasten lokaler Härteunterschiede auch in eng begrenzten Regionen selektieren, setzt jedoch ein sehr differenziertes taktilen Empfinden des Behandlers voraus.

[0014] Einen weiteren, erst kürzlich entwickelten Ansatz bildet die Spektralanalyse der Zahnschubstanz (10, 11).

[0015] Hier sind z. Z. außer mechanisch tastenden Sonden keine gesonderten Diagnostika bekannt und der Behandler muß sich auf sein taktilen Gefühl, den Augenschein und seine Erfahrung verlassen.

#### Ziel der vorliegenden Erfindung

[0016] Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, dem behandelnden Zahnarzt ein Instrument an die Hand zu geben, mit dem er verzugs- und zwei eisfrei zum einen den Reinheitsgrad einer in einer Zahnfleischtasche befindlichen Oberfläche feststellen kann (A.), zum anderen den Härtegrad und die Oberflächenbeschaffenheit des Zahnhartgewebes oder zahntechnischer Werkstoffoberflächen selektiv beurteilen kann (B-F).

[0017] In all diesen Anwendungen gibt die vorliegende Erfindung zur akustischen Messung der Oberflächenrauigkeit dem Behandler ein Instrument in die Hand, mit dem er eine reproduzierbare Aussage treffen kann, ob eine weitergehende Therapie notwendig ist oder nicht.

#### Technische Grundlagen

[0018] Kernpunkt der Erfindung ist, daß der bei Berührung der zu prüfenden Oberfläche mit harten Gegenständen entstehende Schall ausgewertet wird.

[0019] Dieser Schall pflanzt sich nun auf zwei Wegen fort: zum einen durch das Behandlungsinstrument und zum anderen durch den Zahn. Vom Zahn aus koppelt er recht effizient an den Kieferknochen und weiter an die benachbarten Zähne. Sowohl von diesen Zähnen, als auch vom Schaft des Instruments kann er mit einem elektronischen Wandler abgenommen und in ein elektrisches Signal übertragen werden. Dieses wird nun elektronisch verstärkt und dem Behandler z. B. mittels eines Lautsprechers oder Kopfhörers zu Gehör gebracht.

[0020] Typische Geräusche entstehen in den Anwendungen (A) und (B) schon während des mechanischen Bearbeitens (Abschabens, bzw. Behrens), sind hierbei jedoch sehr obertonreich und von sehr schwankender Lautstärke. Daher besteht eine erste mögliche Verbesserung dieses Verfahrens darin, den Schall nicht mit dem therapeutischen Behandlungsinstrument (Bohrer, Scaler oder Kürette), sondern mit einer dünnen Sonde mit abgerundeter, möglichst kugelförmiger Spitze zu erzeugen. Hierdurch entstehen weniger Obertöne und Lautstärkeschwanken und die Unterschiede zwischen glatten, sauberen und rauhen, noch belegten oder kariösen Oberflächen sind deutlicher zu hören. Diese Prüfung kann vor oder nach einer Behandlung durchgeführt werden. Da hierfür keine Anästhesie notwendig ist, bietet sie auch die Möglichkeit, bei Routineuntersuchungen sowohl zur Früherkennung, als auch in der Nachsorge eingesetzt zu werden. Zusätzlich ermöglicht die Verwendung dieser Prüfspitze auch die Kontrolle von Bearbeitungsprozessen, die primär keinen Schall erzeugen (C-F).

[0021] Eine zweite Verbesserungsmöglichkeit besteht darin, das elektronische Signal vor der Hörbarmachung frequenzspezifisch zu filtern, wie dies in der Musiktechnik mit sogenannten Equalizern geschieht.

[0022] Eine dritte Verbesserungsmöglichkeit besteht darin, den Pegel einiger ausgewählter Frequenzen als Entscheidungsmerkmal zur Ansteuerung einer optischen, akustischen oder taktilen Anzeige zu verwenden.

[0023] Eine vierte Verbesserungsmöglichkeit besteht darin, das Signal zu digitalisieren und im Rechner z. B. einer Fourieranalyse (FFT) zu unterziehen, oder von neuronalen

Netzen oder anderen chemometrischen Auswertalgorithmen analysieren zu lassen, um dem Behandler direkt die gewünschte Eigenschaft der Oberfläche Reinheit (A), Kariesfreiheit (B), bzw. Rauigkeit (C-F) optisch, akustisch oder taktil zu übermitteln.

#### Literatur

- (1) "Diagnosis of Periodontal Diseases", Sonderbericht des American Academy of Periodontology Scientific, Clinical and Educational Affairs Department, 737 North Michigan Avenue, Suite 800 Chicago, Illinois 60611-2690
- (2) Dieter E. Lange: Parodontologie in der täglichen Praxis Quintessenz-Verlag 1983, 29
- (3) Klaus-Dieter Hellwege: Die Wurzelglättung Quintessenz-Verlag 1987, 203
- (4) Zappa, u. e., Smith, B., Simona, C., Graf, H.: Root "Substance removal by scaling and root planing" J Periodontol, 1991; 62: 750-754
- (5) Research, Science and Therapy Committee of the American Academy of Periodontology, J Periodontol 2000; 71: 1792-1801
- (6) "Vergleich von Nd : YAG Laserkürettage und konventioneller Wurzelreinigung bezüglich histologischer und morphologischer Veränderungen, eine in vivo Studie" Dissertation von Florian Hammer an der Univ. Marburg 1997
- (7) "Instruments and methods for the quantitative measurement of factors affecting hygienist/dentist efforts during scaling and root planing of the teeth", White DJ, Cox ER, Arends J, Nieborg JH, Leydsman H, Wieringa DW and Ruben JR, J Clin Dent 19; 7(2 Spec No): 32-40
- (8) "In vivo scaling and root planing forces", Zappa U, Cadosch J, Simona C, et al. J Periodontol 1991; 62: 335-340
- (9) M. E. Wolfgang Pilz: "Praxis der Zahnerhaltung und oralen Prävention", Carl Hanser verlag, München Wien 1985, S. 146 ff
- (10) "Laserfluoreszenz", Deutscher Zahnärztekalendar 2002, Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV, Köln, S. 178-183
- (11) "Photonic Techniques Help Arrest Dental Decay" by Susan M. Reiss, Biophotonics International, September/October 2001, S. 38-41.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Erfassung der Oberflächenrauigkeit dentaler Hartgewebe, **dadurch gekennzeichnet**, dass der bei Berührung der zu prüfenden Oberfläche mit harten Gegenständen entstehende Schall ausgewertet wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der während der Bearbeitung der Oberfläche mit mechanischen Instrumenten wie z. B. Bohrern, Scalern oder Küretten, entstehende Schall ausgewertet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der bei Berührung der zu prüfenden Oberfläche mit einem dünnen Stift mit abgerundeter Spitze entstehende Schall ausgewertet wird.
4. Verfahren nach Ansprüchen 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Schall mittels eines Wandlers von einem Zahn des Patienten abgenommen wird.
5. Verfahren nach Ansprüchen 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Schall mittels eines Wandlers von einem Behandlungsinstrument wie z. B. einem Bohrer, Scaler oder einer Kürette, oder vom Halter einer Prüfspitze abgenommen wird.
6. Verfahren nach Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das abgenommene Schallsignal

elektronisch verstärkt und dem Behandler mittels eines Lautsprechers, Kopfhörers oder Ähnlichem direkt hörbar gemacht wird.

7. Verfahren nach Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das abgenommene Schaltsignal vor der Hörbarmachung frequenzmäßig gefiltert wird. 5

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Signalpegel in mindestens einem Frequenzintervall dem Behandler optisch, akustisch oder taktil übermittelt wird. 10

9. Verfahren nach Ansprüchen 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das abgenommene Signal digitalisiert wird und anschließend in einer Auswerteeinheit, bevorzugt einem Rechner, durch z. B. eine Fourieranalyse (FFT), neuronale Netze, oder andere chemometrische Auswertelgorithmen analysiert wird, um dem Behandler direkt die gewünschte Eigenschaft der Oberfläche (Reinheit (A), Kariesfreiheit (B), bzw. Rauigkeit (C-F)) optisch, akustisch oder taktil zu übermitteln. 20

10. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein elektronischer Schallwandler mittels einer Haltevorrichtung vorübergehend direkt an einem Zahn befestigt werden kann.

11. Vorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass ein elektronischer Schallwandler mittels einer Haltevorrichtung vorübergehend direkt am Halter eines Behandlungsinstruments wie z. B. eines Bohrers, Scalers oder einer Kürette, oder am Halter einer Prüfspitze befestigt werden kann. 30

35

40

45

50

55

60

65

PTO 07-5818

CC = DE  
20030703  
OLS  
10164044

METHOD OF AND DEVICE FOR CHECKING THE SURFACE ROUGHNESS IN THE DENTAL  
TREATMENT OF HARD TOOTH TISSUES

[Verfahren und Vorrichtung zur Kontrolle von Oberflächenrauigkeiten in der zahnärztlichen  
Behandlung von Hartgeweben]

Christian Willers et al.

UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE  
WASHINGTON, D.C. JULY 2007  
TRANSLATED BY: THE MCELROY TRANSLATION COMPANY



PUBLICATION COUNTRY	(19):	DE
DOCUMENT NUMBER	(10):	10164044
DOCUMENT KIND	(12):	OLS
PUBLICATION DATE	(43):	20030703
APPLICATION NUMBER	(21):	10164044.7
APPLICATION DATE	(22):	20011224
INTERNATIONAL CLASSIFICATION <sup>7</sup>	(51):	A 61 C    19/04 G 01 N    19/08 G 01 B    5/28
PUBLICATIONS CITED:	(56):	DE 3021302 C2 DE 4304170A1 DE 29905255U1 US 3653373 JP Patent Abstracts of Japan 10290810 A 08071091A
INVENTORS	(72):	Christian Willers et al.
APPLICANT(S)	(71):	Christian Willers and Thomas Huth-Fehre
TITLE	(54):	METHOD OF AND DEVICE FOR CHECKING THE SURFACE ROUGHNESS IN THE DENTAL TREATMENT OF HARD TOOTH TISSUES

FOREIGN TITLE

[54A]: Verfahren und Vorrichtung zur Kontrolle von  
Oberflächenrauigkeiten in der zahnärztlichen  
Behandlung von Hartgeweben

Description

Description of the method and the device

Definition of the problems

A.

[0001]

Surface diagnostics in periodontology:

Inflammatory changes in the histology and morphology of the periodontal apparatus (periodontitis) are part of an increasingly frequently encountered disease of modern life [1]. Bacterially infected plaques populate the surface of the dental roots below the gingival margin, which can lead to chronic inflammatory reactions and, because of leukocytic lysosomal enzymes, to the disintegration of the bone bounding the dental alveolus. This process is associated with a recession of the gingiva overlying the bone [2]. The complete and most gentle possible removal of hardened plaques (dental calculus/concrements) is an absolute prerequisite for a successful treatment and thus constitutes the most important therapeutic cornerstone in the spectrum of the therapeutic measures of periodontal medicine and surgery [3]. To remove these plaques between the gingiva and the dental root, the predominantly used instruments are special cutting and scaling tools [3,4] but also acoustic and ultrasound probes [5] and pulsed lasers [6].

[0002]

All of these cleaning procedures have in common that it is difficult to check the extent of the removal since the areas treated are not accessible for a visual inspection. However, since the plaques must be removed completely while at the same time ensuring that the surface of the root is not impaired, there is



a great need for a method of checking the roughness of the surface of the root, which need has so far not yet been met. In addition, simple and reliable diagnostic means for an initial diagnosis in the course of routine examinations and follow-up examination after conclusion of the treatment are currently also unavailable.

B.

[0003]

Quick examination of the hard dental tissue/diagnosis of caries in restorative and reconstructive dentistry:

Caries is the most widely spread disease of modern life. It is caused by the bacterial fermentation of sugar on the surface of the teeth, which leads to the formation of acid, followed by the demineralization of the infected hard tooth structure [9]. It has been demonstrated that the degree of hardness of cariously infected hard tooth tissue and the surface roughness of such tissue in the affected areas differ considerably from those of healthy dental tissue.

[0004]

The mechanical treatment of cariously softened dentin involves the removal of said dentin by means of rotating burs or, more recently, the denaturation by means of laser energy.

[0005]

There is a great need for a simple and, at the same time, reliable check of the dental surfaces both for initial diagnostic measures in the course of routine examinations and for follow-up examinations after conclusion of the treatment.

C.

[0006]

Roughening the dental surface preparatory to adhesive bonding:

For applications of restorative and reconstructive dental procedures and for the attachment of permanent orthodontic appliances with light- and self-curing composite materials, the surface of the enamel or, in the case of already existing prosthetic restorations or reconstructions, the surface of the ceramic material is roughened by means of etching (acid-etch technique). To ensure an optimum stability of the bond while at the same time ensuring that the hard tooth tissue is not damaged, there is a great need for having access to a simple way by which to check the surface roughness achieved.

D.

[0007]

Testing applied dental filling and cavity base materials for their surface condition.

E.

[0008]

Testing prosthetic restorations and reconstructions in the boundary area of the natural tooth to determine the quality of the border seal.

F.

[0009]

Testing dental ceramic surfaces so as to be able to assess the final firing.

Prior art

A.

[0010]

Surface diagnostics in periodontology:

Only a few years ago, visual inspection was still the method of choice; it involved cutting open the gingiva and folding it back from the surface to be cleaned (open curettage/modified Widman flap surgery). This method is associated with the primary destruction of existing tissue structures and puts the patient under considerable stress.

[0011]

When using mechanical curettage in the narrow gap between the gingiva and the surface of the dental root, the so-called periodontal gingival pocket, which is now the predominantly used procedure, the treating dentist/hygienist must rely on the quality of his/her tactile sense in order to assess, among other things, the remaining roughness of the surface by touch. Although, in principle, this can be done, since the plaques are markedly rougher than the undamaged, healthy, root surface, it requires considerable experience on the part of the treating dentist/hygienist. To make it possible for the dentist to gather this experience, it would be desirable, among other things, if it were possible not only to effectively check the success of the treatment but also to measure the forces applied [7]. To this end, force-measuring instruments [8] that are integrated into the scaler are already used. However, these "force protocols" must subsequently be subjected to a complicated computer analysis, which is of no help to the treating dentist/hygienist while the treatment is being carried out.

B.

[0012]

Quick examination of the hard dental tissue/diagnosis of caries in restorative and reconstructive dentistry:

The success of the treatment is routinely checked by means of a mechanical probe which detects hard resistance on healthy dental substance.

[0013]

Residual cariously softened dentin can thus be selectively assessed by detecting local differences in the hardness of the dental substance even within narrowly defined regions, but requires a highly differentiated tactile sense on the part of the treating dentist/hygienist.

[0014]

Another more recently developed approach is the spectral analysis of the dental substance [10,11].

C to F

[0015]

With respect to these methods, no diagnostic measures other than the mechanically scanning probes are presently known, and the treating dentist/hygienist must rely on his/her tactile sense, on visual inspection and his/her experience.

## Objective of the present invention

[0016]

The objective of the present invention is to provide the treating dentist with an instrument that allows him, on the one hand, to determine, without delay and doubt, the degree of cleanness of a surface located in a gingival pocket (A) and, on the other hand, to selectively assess the degree of hardness and the surface condition of the hard tooth tissue or surfaces made of a prosthetic dental material (B-F).

[0017]

In all of these applications, the present invention for the acoustic measurement of the surface roughness provides the treating dentist/hygienist with a tool that allows him/her to draw a reproducible conclusion as to whether or not further treatment is necessary.

## Technical principles

[0018]

The key aspect of this invention is that the sound generated upon touching the surface to be tested with hard objects is analyzed.

[0019]

This sound is propagated in two different ways: first, through the therapeutic instrument, and second, through the tooth. From the tooth, the sound is quite efficiently introduced into the jawbone and from there to the neighboring teeth. Both from these teeth and from the handle of the instrument, this sound can be picked off by means of an electronic transducer, after which it is transformed into an electrical

signal. This signal is then electronically amplified so that it can be heard by the treating dentist/hygienist, e.g., via a loudspeaker or earphones.

[0020]

During applications (A) and (B), typical sounds are generated even during the mechanical treatment (scaling and drilling) but these sounds are very rich in harmonics and have a highly fluctuating volume. Therefore, a first potential improvement of this method is not to generate the sound with the therapeutic instruments used in the treatment (drill, scaler or curette) but instead with a thin probe with a rounded-off tip that should, if at all possible, have a spherical shape. This ensures fewer harmonics as well as fewer variations in volume, and the differences between the sound generated on smooth, clean and rough surfaces and that generated on surfaces still containing plaque or caries can be heard more clearly. This test can be carried out prior to or after a treatment. Since no anesthetic needs to be administered, it is also possible to use this test in routine examinations and for early recognition and follow-up examinations. In addition, the use of this test tip also allows a check of treatment procedures that do not primarily generate sound (C-F).

[0021]

A second possibility of improving the prior-art method is to frequency-specifically filter the electronic signal before it becomes audible, such as is done in music technology with so-called equalizers.



[0022]

A third possibility of improving the prior-art method is to use the level of certain selected frequencies as a decision criterion for triggering an optical, acoustic or tactile display.

[0023]

A fourth possibility of improving the prior-art method is to digitalize the signal and to subject it to, e.g., to a Fourier analysis (FFT) in the computer or to have neuronal networks or other chemometric analytical algorithms analyze it so as to directly inform the treating dentist/hygienist by optical, acoustic or tactile means of the desired property of the surface, such as cleanness (A), absence of caries (B) and/or roughness (C-F).

## References

- (1) "Diagnosis of Periodontal Diseases", Sonderbericht des American Academy of Periodontology Scientific, Clinical and Educational Affairs Department, 737 North Michigan Avenue, Suite 800 Chicago, Illinois 60611-2690
- (2) Dieter E. Lange: Parodontologie in der täglichen Praxis Quintessenz-Verlag 1983, 29
- (3) Klaus-Dieter Hellwege: Die Wurzelglättung Quintessenz-Verlag 1987, 203
- (4) Zappa, u. c., Smith, B., Simona, C., Graf, H.: Root "Substance removal by scaling and root planing" J Periodontol, 1991; 62: 750-754
- (5) Research, Science and Therapy Committee of the American Academy of Periodontology, J Periodontol 2000; 71: 1792-1801
- (6) "Vergleich von Nd : YAG Lasertherapie und konventioneller Wurzelreinigung bezüglich histologischer und morphologischer Veränderungen, eine in vivo Studie" Dissertation von Florian Hammer an der Univ. Marburg 1997
- (7) "Instruments and methods for the quantitative measurement of factors affecting hygienist/dentist efforts during scaling and root planing of the teeth", White DJ, Cox ER, Arends J, Nieborg JH, Leydsman H, Wieringa DW and Ruben JR, J Clin Dent 19; 7(2 Spec No): 32-40
- (8) "In vivo scaling and root planing forces", Zappa U, Cadosch J, Simona C, et al. J Periodontol 1991; 62: 335-340
- (9) M. E. Wolfgang Pilz: "Praxis der Zahnerhaltung und oralen Prävention", Carl Hanser verlag, München Wien 1985, S. 146 ff
- (10) "Laserfluoreszenz", Deutscher Zahnärztekalendar 2002, Deutscher Zahnärzte Verlag DÄV, Köln, S. 178-183
- (11) "Photonic Techniques Help Arrest Dental Decay" by Susan M. Reiss, Biophotonics International, September/October 2001, S. 38-41.

## Claims

1. A method of detecting the surface roughness of hard dental tissues, characterized in that the sound generated upon touching the surface to be tested with hard objects is analyzed.
2. The method as in Claim 1, characterized in that the sound generated during the treatment of the surface with mechanical instruments, e.g., drills, scalers or curettes, is analyzed.
3. The method as in Claim 1, characterized in that the sound generated upon touching the surface to be tested with a thin pin having a rounded-off tip is analyzed.
4. The method as in Claim 2 or 3, characterized in that the sound is picked off a tooth of the patient by means of a transducer.

5. The method as in Claim 2 or 3, characterized in that the sound is picked off a treatment instrument, such as a drill, a scaler or a curette, or off the handle of a test tip by means of a transducer.

6. The method as in Claims 1 to 5, characterized in that the picked-off sound signal is electronically amplified and made audible to the treating dentist/hygienist via a loudspeaker, earphones or the like.

7. The method as in Claims 1 to 5, characterized in that the picked-off acoustic signal is frequency-specifically filtered prior to being made audible.

8. The method as in Claim 7, characterized in that the signal level in at least one frequency interval is transmitted to the treating dentist/hygienist by optical, acoustic or tactile means.

9. The method as in Claims 1 to 5, characterized in that the picked-off signal is digitalized and is subsequently analyzed in an analyzer unit, preferably a computer, e.g., by means of a Fourier analysis (FTT), neuronal networks, or other chemometric analytical algorithms so as to transmit the desired property of the surface (cleanness (A), absence of caries (B), and roughness (C-F)) to the treating dentist/hygienist by optical, acoustic or tactile means.

10. A device as in Claim 4, characterized in that an electro-acoustic transducer can be temporarily attached directly to the tooth by means of a mounting device.

11. The device as in Claim 5, characterized in that an electro-acoustic transducer can be temporarily attached directly to the handle of a treatment instrument, e.g., a drill, a scaler or a curette, or to the handle of a test tip by means of a mounting device.